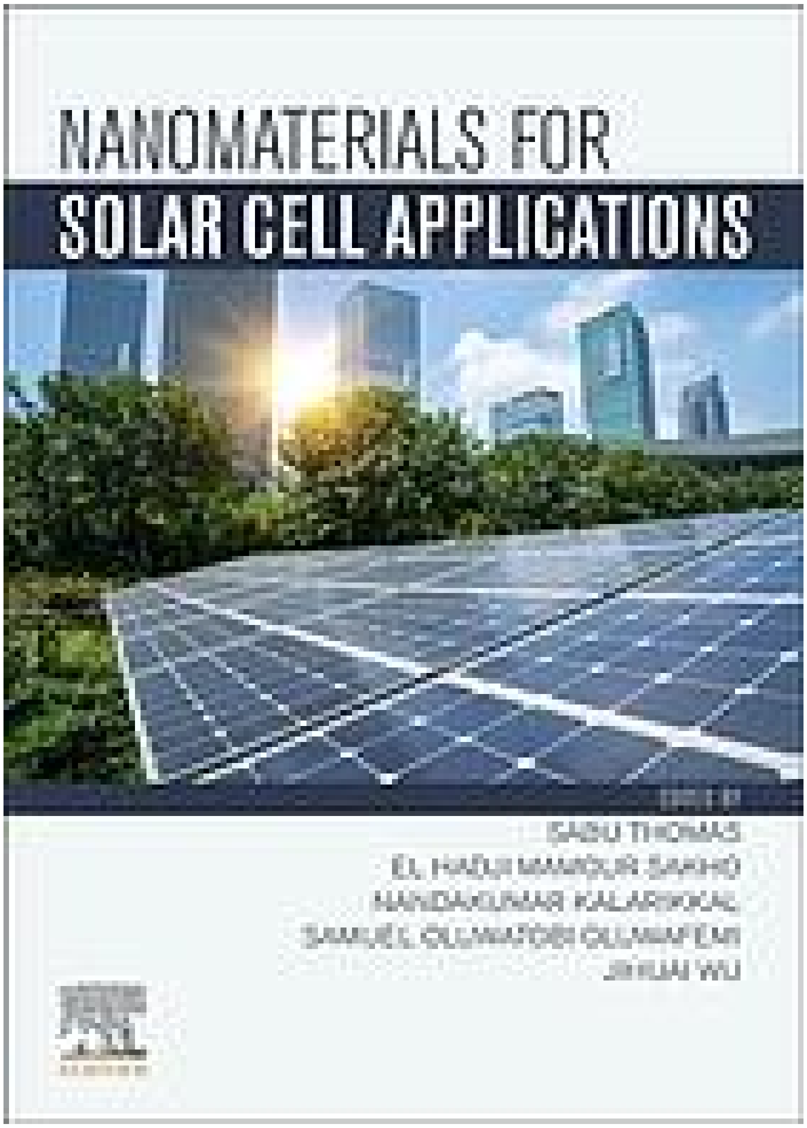
Nanomaterials for solar cell applications Kalarikkal pdf download

https://ebookmass.com/product/nanomaterials-for-solar-cell-applications-kalarikkal/

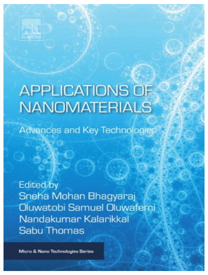


Explore and download more ebooks at ebookmass.com

We have selected some products that you may be interested in
Click the link to download now or visit ebookmass.com
for more options!.

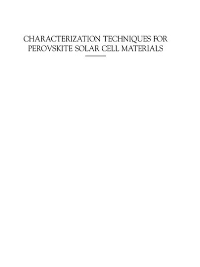
Applications of Nanomaterials : Advances and Key Technologies. Kalarikkal

https://ebookmass.com/product/applications-of-nanomaterials-advances-and-key-technologies-kalarikkal/



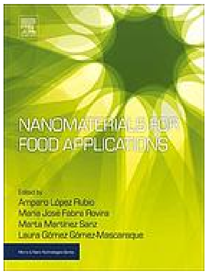
Characterization Techniques for Perovskite Solar Cell Materials Meysam Pazoki

https://ebookmass.com/product/characterization-techniques-for-perovskite-solar-cell-materials-meysam-pazoki/



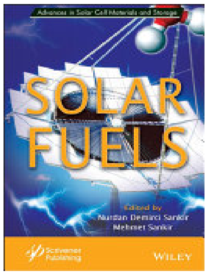
Nanomaterials for food applications Amparo

https://ebookmass.com/product/nanomaterials-for-food-applications-amparo/



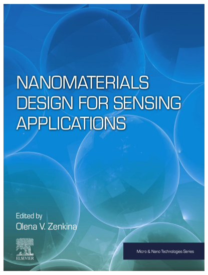
Solar Fuels (Advances in Solar Cell Materials and Storage) Nurdan Demirci Sankir

https://ebookmass.com/product/solar-fuels-advances-in-solar-cell-materials-and-storage-nurdan-demirci-sankir/



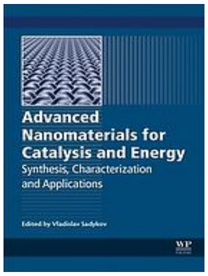
Nanomaterials Design for Sensing Applications Olena V. Zenkina

https://ebookmass.com/product/nanomaterials-design-for-sensing-applications-olena-v-zenkina/



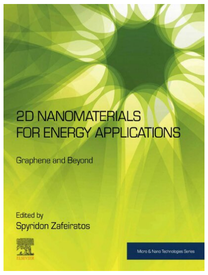
Advanced nanomaterials for catalysis and energy: synthesis, characterization and applications Sadykov

https://ebookmass.com/product/advanced-nanomaterials-for-catalysis-and-energy-synthesis-characterization-and-applications-sadykov/



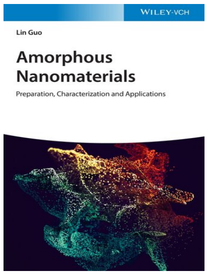
2D Nanomaterials for Energy Applications: Graphene and Beyond Spyridon Zafeiratos (Editor)

https://ebookmass.com/product/2d-nanomaterials-for-energy-applications-graphene-and-beyond-spyridon-zafeiratos-editor/



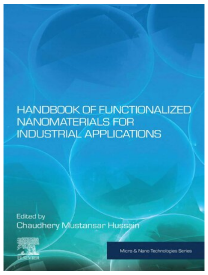
Amorphous Nanomaterials: Preparation, Characterization and Applications Lin Guo

https://ebookmass.com/product/amorphous-nanomaterials-preparation-characterization-and-applications-lin-guo/

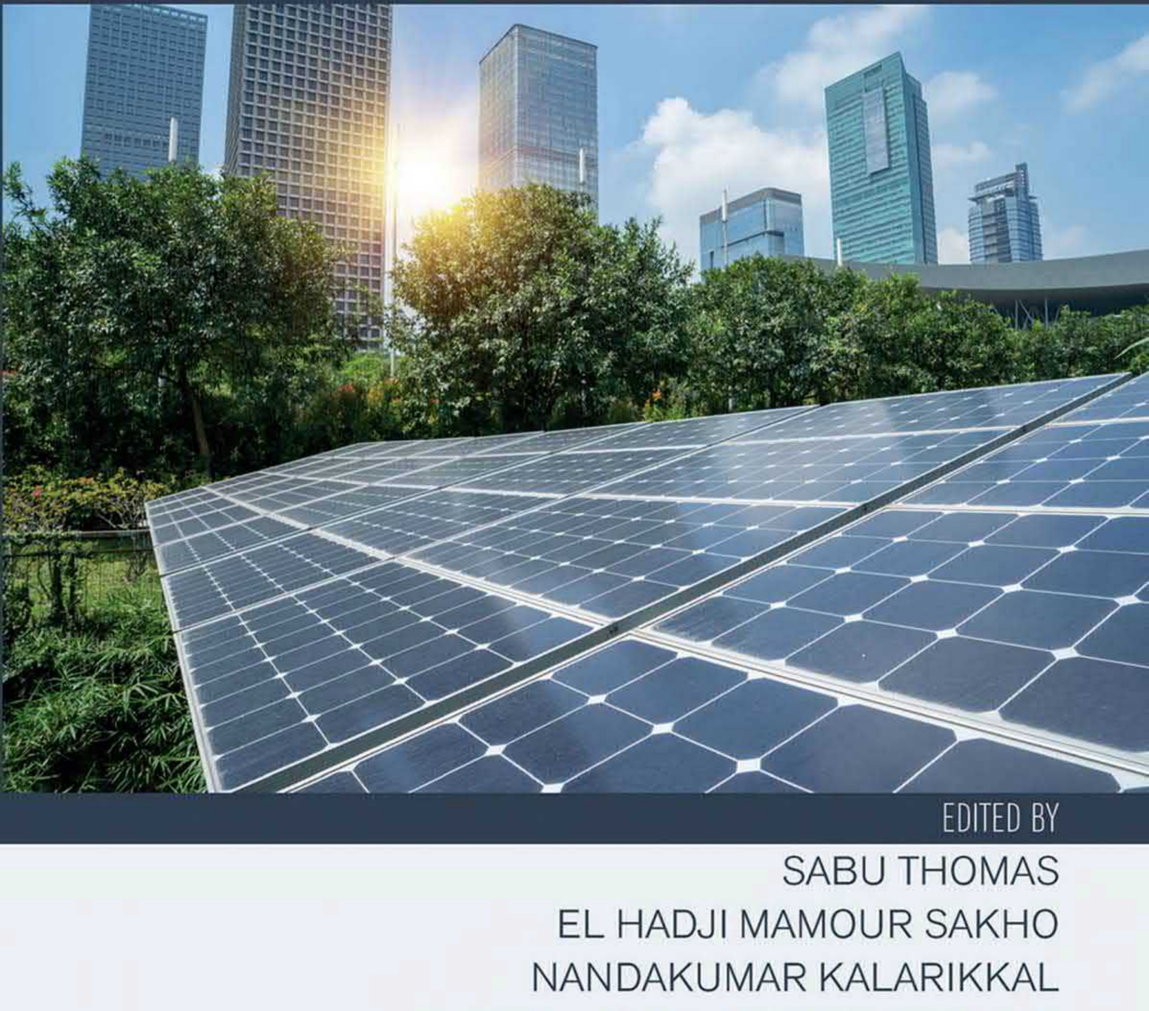


Handbook of Functionalized Nanomaterials for Industrial Applications 1st Edition Chaudhery Mustansar Hussain (Editor)

https://ebookmass.com/product/handbook-of-functionalized-nanomaterials-for-industrial-applications-1st-edition-chaudhery-mustansar-hussain-editor/



NANOMATERIALS FOR SOLAR CELL APPLICATIONS



EDITED BY

SABU THOMAS
EL HADJI MAMOUR SAKHO
NANDAKUMAR KALARIKKAL
SAMUEL OLUWATOBI OLUWAFEMI
JIHUAI WU

ELSEVIER

Nanomaterials for Solar Cell Applications

Nanomaterials for Solar Cell Applications

Edited by

SABU THOMAS
School of Chemical Sciences,
Mahatma Gandhi University, Kottayam, India;
International and Inter University,
Centre for Nanoscience and Nanotechnology,
Mahatma Gandhi University, Kottayam, India

EL HADJI MAMOUR SAKHO
Department of Chemical Sciences
(Formerly Applied Chemistry),
University of Johannesburg

NANDAKUMAR KALARIKKAL
International and Inter University,
Centre for Nanoscience and Nanotechnology,
Mahatma Gandhi University, Kottayam, India

SAMUEL OLUWATOBI OLUWAFEMI
Department of Chemical Sciences
(Formerly Applied Chemistry),
University of Johannesburg

JIHUAI WU
Professor of Materials and Chemistry, Vice-President of Huaqiao
University, Director of Engineering Research Center of
Environment-Friendly Functional Materials, Ministry of Education,
Director of Institute of Materials Physical Chemistry,
Huaqiao University, Xiamen, Fujian, P.R. China

ELSEVIER

Elsevier
Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, Netherlands
The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, United Kingdom
50 Hampshire Street, 5th Floor, Cambridge, MA 02139, United States

Copyright © 2019 Elsevier Inc. All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher. Details on how to seek permission, further information about the Publisher's permissions policies and our arrangements with organizations such as the Copyright Clearance Center and the Copyright Licensing Agency, can be found at our website: www.elsevier.com/permissions.

This book and the individual contributions contained in it are protected under copyright by the Publisher (other than as may be noted herein).
Notices
Knowledge and best practice in this field are constantly changing. As new research and experience broaden our understanding, changes in research methods, professional practices, or medical treatment may become necessary.

Practitioners and researchers must always rely on their own experience and knowledge in evaluating and using any information, methods, compounds, or experiments described herein. In using such information or methods they should be mindful of their own safety and the safety of others, including parties for whom they have a professional responsibility.

To the fullest extent of the law, neither the Publisher nor the authors, contributors, or editors, assume any liability for any injury and/or damage to persons or property as a matter of products liability, negligence or otherwise, or from any use or operation of any methods, products, instructions, or ideas contained in the material herein.

British Library Cataloguing-in-Publication Data
A catalogue record for this book is available from the British Library

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data
A catalog record for this book is available from the Library of Congress

ISBN: 978-0-12-813337-8

For Information on all Elsevier publications
visit our website at https://www.elsevier.com/books-and-journals

Publisher: Matthew Deans
Acquisition Editor: Christina Gifford
Editorial Project Manager: Ali Afzal - Khan
Production Project Manager: R. Vijay Bharath
Cover Designer: Matthew Limbert

Typeset by MPS Limited, Chennai, India

Working together to grow libraries in developing countries
www.elsevier.com • www.bookaid.org

List of Contributors

Antonio Abate
Helmholtz Center for Materials and Energy, Berlin, Germany

Y. Akila
Department of Physics, Coimbatore Institute of Technology, Coimbatore, India

Alexander V. Akkuratov
Institute for Problems of Chemical Physics of Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Russian Federation

Marcie Black
Advanced Silicon Group, Lincoln, MA, United States

Daniel Chemisana
Applied Physics Section of the Environmental Science Department, Polytechnic School, University of Lleida, Lleida, Spain

Saniat Ahmed Choudhury
Independent University, Bangladesh (IUB), Dhaka, Bangladesh

Mustafa Habib Chowdhury
Independent University, Bangladesh (IUB), Dhaka, Bangladesh

Wenqi Duan
Electrical and Computer Engineering Department, University of Iowa, Iowa City, IA, United States

Fatema Fairooz
Independent University, Bangladesh (IUB), Dhaka, Bangladesh

Leandro A. Faustino
Laboratory of Photochemistry and Materials Science, Institute of Chemistry, Federal University of Uberlandia, Uberlandia, Brazil

Naoki Fukata
International Center for Materials Nanoarchitectonics, National Institute for Materials Science, Tsukuba, Japan

Bingtao Gao
Electrical and Computer Engineering Department, University of Iowa, Iowa City, IA, United States

Peng Gao
CAS Key Laboratory of Design and Assembly of Functional Nanostructures, and Fujian Key Laboratory of Nanomaterials, Fujian Institute of Research on the Structure of Matter, Chinese Academy of Sciences, Fuzhou, P.R. China; Laboratory of Advanced Functional Materials, Xiamen Institute of Rare Earth Materials, Haixi Institute, Chinese Academy of Sciences, Xiamen, P.R. China

Chang Kook Hong
Polymer Energy Materials Laboratory, School of Applied Chemical Engineering, Chonnam National University, Gwangju, South Korea

Rajan Jose
Nanostructures Renewable Energy Materials Laboratory, Faculty of Industrial Sciences & Technology, Universiti Malaysia Pahang, Gambang, Malaysia

Hyungjin Kim
Polymer Energy Materials Laboratory, School of Applied Chemical Engineering, Chonnam National University, Gwangju, South Korea

P. Senthil Kumar
Department of Chemical Engineering, SSN College of Engineering, Chennai, India

Iliya E. Kuznetsov
Institute for Problems of Chemical Physics of Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Russian Federation

Chrysovalantou Lamnatou
Applied Physics Section of the Environmental Science Department, Polytechnic School, University of Lleida, Lleida, Spain

Junming Li
Helmholtz Center for Materials and Energy, Berlin, Germany

Xiaoxiao Lin
CAS Key Laboratory of Design and Assembly of Functional Nanostructures, and Fujian Key Laboratory of Nanomaterials, Fujian Institute of Research on the Structure of Matter, Chinese Academy of Sciences, Fuzhou, P.R. China; Laboratory of Advanced Functional Materials, Xiamen Institute of Rare Earth Materials, Haixi Institute, Chinese Academy of Sciences, Xiamen, P.R. China

Sawanta S. Mali
Polymer Energy Materials Laboratory, School of Applied Chemical Engineering, Chonnam National University, Gwangju, South Korea

Andressa V. Muller
Federal University of ABC, Santo André, Brazil

N. Muthukumarasamy
Department of Physics, Coimbatore Institute of Technology, Coimbatore, India

Mu. Naushad
Department of Chemistry, College of Science, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia

Barbara N. Nunes
Laboratory of Photochemistry and Materials Science, Institute of Chemistry, Federal University of Uberlandia, Uberlandia, Brazil

Takeo Oku
Department of Materials Science, The University of Shiga Prefecture, Hikone, Japan

Oluwatobi S. Oluwafemi
Centre for Nanomaterials Science Research, University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa; Department of Chemical Sciences (Formerly Applied Chemistry), University of Johannesburg, Doornfontein Campus, Johannesburg, South Africa

Gerko Oskam
Departamento de Física Aplicada, CINVESTAV-IPN, Mérida, México

Sundararajan Parani
Department of Chemical Sciences (Formerly Applied Chemistry), University of Johannesburg, Doornfontein Campus, Johannesburg, South Africa; Centre for Nanomaterials Science Research, University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa

Jyoti V. Patil
Polymer Energy Materials Laboratory, School of Applied Chemical Engineering, Chonnam National University, Gwangju, South Korea; Thin Film Materials Laboratory, Department of Physics, Shivaji University, Kolhapur, India

Pramod S. Patil
Thin Film Materials Laboratory, Department of Physics, Shivaji University, Kolhapur, India

Antonio Otavio T. Patrocinio
Laboratory of Photochemistry and Materials Science, Institute of Chemistry, Federal University of Uberlandia, Uberlandia, Brazil

K. Grace Pavithra
Department of Chemical Engineering, SSN College of Engineering, Chennai, India

Andre S. Polo
Federal University of ABC, Santo André, Brazil

Dena Pourjafari
Departamento de Física Aplicada, CINVESTAV-IPN, Mérida, México

Rashid Ahmed Rifat
Independent University, Bangladesh (IUB), Dhaka, Bangladesh

A. Riverola
Applied Physics Section of the Environmental Science Department, Polytechnic School, University of Lleida, Lleida, Spain

El Hadji Mamour Sakho
Department of Chemical Sciences (Formerly Applied Chemistry), University of Johannesburg, Doornfontein Campus, Johannesburg, South Africa; Centre for Nanomaterials Science Research, University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa

Subramani Thiyagu
International Center for Young Scientists (ICYS), National Institute for Materials Science, Tsukuba, Japan; International Center for Materials Nanoarchitectonics, National Institute for Materials Science, Tsukuba, Japan

Sabu Thomas
International and Inter University Centre for Nanoscience and Nanotechnology, Mahatma Gandhi University, Kottayam, India

Fatima Toor
Electrical and Computer Engineering Department, University of Iowa, Iowa City, IA, United States

Pavel A. Troshin
Institute for Problems of Chemical Physics of Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Russian Federation; Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russian Federation

R. Jose Varghese
International and Inter University Centre for Nanoscience and Nanotechnology, Mahatma Gandhi University, Kottayam, India; Department of Chemical Sciences (Formerly Applied Chemistry), University of Johannesburg, Doornfontein Campus, Johannesburg, South Africa; Centre for Nanomaterials Science Research, University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa

Dhayalan Velauthapillai
Department of Chemical Sciences (Formerly Applied Chemistry), University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa

A. Vossier
CNRS-PROMES, Odeillo, France

Qamar Wali
NUTECH School of Applied Sciences and Humanities, National University of Technology, Islamabad, Pakistan

Qiong Wang
Helmholtz Center for Materials and Energy, Berlin, Germany

Jihuai Wu
Professor of Materials and Chemistry, Vice-President of Huaqiao University, Director of Engineering Research Center of Environment-Friendly Functional Materials, Ministry of Education, Director of Institute of Materials Physical Chemistry, Huaqiao University, Xiamen, Fujian, P.R. China

Preface

The interests of developing renewable, sustainable, and clean energy sources have become very high because of the emergence of global warming and the vast use of nonrenewable energy sources, such as natural gas, oil, and coal. Several renewable energy sources, such as wave and tidal power, wind turbines, hydropower, solar cells, fuel cells, and solar thermal are being investigated to evaluate their potential to address large-scale demand. Among these sources, solar photovoltaic (PV) technology, which uses solar radiation energy, has been considered as the most abundant, inexhaustible, clean, and sustainable energy resource. Solar cells directly convert the incident solar radiation into electricity via the PV effect and can convert up to about 20% of incoming solar radiation. Solar cells are classified into three generations, which are based on their materials and manufacturing process. Silicon (Si) single crystal wafers and bulk polycrystalline Si wafers are the first generation of solar cells. These cells, according to the manufacturing procedures and wafer quality, give solar conversion efficiencies between 12% and 16% and are largely leading the solar cells market. The thin-film solar cells that are made from different materials, such as amorphous silicon, a-Si, cadmium telluride, cadmium indium selenide, or thin silicon films on indium tin oxide, t-Si, are the second generation of solar cells. This technology provides less expensive solar cells with lower solar energy conversion in comparing to the silicon wafers technology. The third and emerging solar cells generation, which can produce high efficiency devices at low production costs of solar cells, are based on polymer solar cells, dye synthesized solar cells, quantum dots solar cells, and perovskite solar cells.

Recently, nanomaterials have emerged as the new building blocks to construct solar cell assemblies. The use of nanomaterials in solar cell application is gaining tremendous interest and building great expectations in the academic community, industry, and governments. A motivation to develop high efficiency and cost-effective nanostructured materials for solar cells is growing and a specific contribution of nanotechnology to various solar energy is being developed. Nanomaterials provide new methods to approach solar energy conversion with a flexible and promising material platform. Therefore nanostructured materials, such as metal oxide, quantum dots, perovskite, graphene, carbon nanotubes, and

fullerene play a significant role in solar cell applications. Hence, it has been demonstrated that nanostructured materials can improve the performance of solar cells by enhancing both light trapping and photo-carrier collection. Furthermore, the synthesis, characterizations, and utilization of these novel nanostructures lie at the interface among physics, chemistry, engineering, and materials science. The structure, size, and shape of these nanomaterials have significant effect over the efficiency of the solar energy conversion.

Over the last two decades there are numerous research papers on nanostructured materials for solar cell applications. A few research papers are based on metal oxide-based solar cells, quantum dot sensitized solar cells, dye sensitized solar cells, and polymer nanocomposites solar cells. Recently, nano-carbon based materials such as graphene, graphene derivatives, carbon nanotube, and fullerene have been extensively investigated on solar cells. However, up to now, no systematic efforts have been made to come out with a book that exclusively covers the synthesis, characterizations, and properties of nanomaterials for solar cell applications that are very much required for academe and industry.

Thus this book reports on the developments in the synthesis and characterizations of nanomaterials for solar cells. The book starts with a discussion on the fundamentals of nanomaterials for solar cells, including a discussion on the life-cycle assessments and characterization techniques. It then follows with a review of the various types of solar cells: thin film, metal oxide, nanowire, nanorods, and nanoporous materials, and concludes with nanocarbon materials. In addition, it includes a review of quantum dot sensitized, perovskite, and polymer nanocomposites-based solar cells.

Visit https://ebookmass.com today to explore
a vast collection of ebooks across various
genres, available in popular formats like
PDF, EPUB, and MOBI, fully compatible with
all devices. Enjoy a seamless reading
experience and effortlessly download high-
quality materials in just a few simple steps.
Plus, don’t miss out on exciting offers that
let you access a wealth of knowledge at the
best prices!

PART I

Fundamental of nanomaterials for solar cells

CHAPTER 1

Fundamentals of solar cells

A. Riverola[1], A. Vossier[2] and Daniel Chemisana[1]
[1]Applied Physics Section of the Environmental Science Department, Polytechnic School, University of Lleida, Lleida, Spain
[2]CNRS-PROMES, Odeillo, France

Contents

1.1 Introduction 3
1.2 The solar resource, solar energy 4
1.3 Principles of photovoltaic energy conversion 7
1.4 Semiconductors 7
  1.4.1 Bands, electrons, and holes 8
  1.4.2 Doping, n and p types 9
  1.4.3 Generation and recombination of electron—holes pairs 11
1.5 Solar cell structure, operation, and main parameters 13
  1.5.1 p—n Junction 13
  1.5.2 Structure, operation, and main parameters of solar cells 15
1.6 Upper limit for solar energy conversion 20
1.7 Reducing Boltzmann losses: optical concentration and angular restriction 22
  1.7.1 Optical concentration 23
  1.7.2 Angular restriction 25
1.8 Reducing thermalization and below-E_g losses: advanced concepts of photovoltaic cells 26
  1.8.1 Multijunction (MJ) solar cells 26
  1.8.2 Other concepts 28
References 32
Further reading 33

1.1 Introduction

During the last decades, photovoltaics (PVs) have become one of the most promising renewable energy technologies, with installed capacity of PV panels approaching 100 GW in 2018. High conversion efficiencies at reasonable costs undoubtedly represent a *sine-qua-non* condition to be fulfilled toward promoting an even wider deployment of solar electricity.

Nanomaterials for Solar Cell Applications
DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813337-8.00001-1
© 2019 Elsevier Inc.
All rights reserved.

The development of strategies aiming at an improved PV efficiency has instigated a broad range of research activities in the most recent decades. With this objective, strategies involving nanomaterials, implementation of nanoobjects, or manipulation of light at a nanometer scale, has prompted a considerable amount of research. These different strategies will be carefully reviewed in the next book chapters. In this chapter, we aim to provide several fundamental concepts necessary to better grasp the underlying physical mechanisms governing PV cells (A detailed explanation of these concepts can be found in other textbooks [1,2]).

The PV effect, which was discovered by Edmund Becquerel in 1839, basically implies direct conversion of sunlight into electricity using a PV cell made of a semiconductor material tailored to ensure both a high absorption of sunlight and an efficient extraction of the photogenerated carriers.

1.2 The solar resource, solar energy

The spectral distribution of sunlight spans a broad range of wavelengths ranging from the ultraviolet to the near infrared. The relation between the photon energy (E) and its wavelength (λ) is given by:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \tag{1.1}$$

where c is the light speed in vacuum (approximately $3.00 \times 10^{8}\ \mathrm{m\ s^{-1}}$) and h is the Planck's constant ($6.63 \times 10^{-34}\ \mathrm{J\ s}$).

The spectral distribution of sunlight may vary noticeably depending on (1) the position of the sun in the sky (which is function of the characteristic latitude of the site where the PV cell is supposed to operate, the time of the day, and the day in the year) and (2) typical atmospheric parameters values, which are likely to change noticeably depending on the climatic and atmospheric conditions.

Air mass (AM) is the atmospheric variable to which the solar spectrum is normally more sensitive. It is defined as the distance, relative to the shortest (vertical) path length, that sunrays traverse through the atmosphere before impacting on the Earth's surface. AM can simply be defined as:

$$\mathrm{AM} = \frac{1}{\cos\theta} \tag{1.2}$$

where θ is the so called *solar zenith angle*, that is, the angle between the zenith and the center of the sun's disc.

Nonetheless, a more accurate expression that considers the Earth's curvature is commonly used to predict or define the solar spectrum [3]

$$\mathrm{AM} = \frac{1}{\cos\theta + 0.50572\cdot(96.07995-\theta)^{-1.6364}} \tag{1.3}$$

Fig. 1.1 shows two commonly used solar spectra: AM0 (standard extraterrestrial solar spectrum mainly used by the aerospace community) and AM1.5 Global (where the receiving surface is defined as an inclined plane at 37 degrees tilt toward the equator, facing the sun).

The spectral distribution corresponding to AM0 solar spectrum can be approximated, with a good accuracy, to the spectrum of a blackbody at 5758K (The spectral distribution for blackbody radiation being only determined by its temperature, as stated by Planck's law).

The AM1.5 Global spectrum often serves as the terrestrial standard (reference), and is measured on a surface that faces the sun, with a tilt angle of 37 degrees over the horizontal plane, under specified atmospheric conditions [aerosol optical depth (AOD) of 0.084, precipitable water

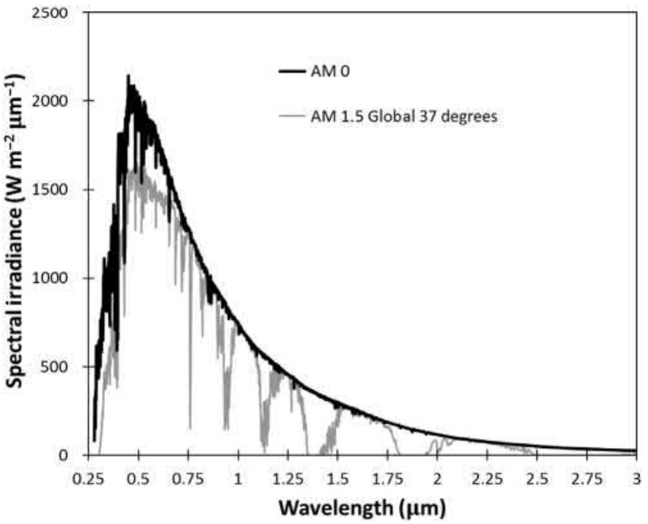


Figure 1.1 Extraterrestrial solar spectrum (AM0) and the standard terrestrial spectrum (AM1.5 Global). *Retrieved from ASTM, G173-03 Standard tables for reference solar spectral irradiances: direct normal and hemispherical on 37° tilted surface, Book of Standards, 14.04.2004 [4].*

(PW) of 1.42 cm and total column ozone equivalent of 0.34 cm]. An AM of 1.5 corresponds to a solar zenith angle of approximately 48 degrees. Passing through the atmosphere, the spectrum is attenuated differently for each wavelength due to absorption or scattering by atmospheric particles. For instance, water vapor absorption bands are mainly located in the near-infrared and infrared regions of the spectrum (around 0.94, 1.10, and 1.40 μm). The amplitude of light scattering in the atmosphere is correlated to the AM value: the higher the AM, the higher the light scattering by atmospheric molecules (such as nitrogen and oxygen). Consequently, the terrestrial irradiance (which is commonly normalized to 1000 $W\ m^{-2}$) is lower than the extraterrestrial irradiance (around 1353 $W\ m^{-2}$). The peak solar irradiance, which corresponds to wavelengths typically comprised between 0.4 and 0.8 μm, is associated with "visible" light in the sense that human vision evolved to be particularly sensitive to this spectral range. One should distinguish different definitions for solar irradiance: direct normal irradiance (DNI) refers to the photons coming directly from the sun. It should be noted that the definition of DNI is not univocal. This ambiguity stems from the fact that the angular distance from the center of the sun and the penumbra function are not well limited. Several definitions of DNI can be found in the literature, explicitly or implicitly referring to different limit angles and penumbra functions, which inherently lead to varying amounts of integrated radiance in the vicinity of the sun [5]. Global Horizontal Irradiance refers to the total irradiance received from above by a horizontal surface, and includes both the contributions of DNI and diffuse radiation, associated to photons scattered in the atmosphere. The amount of diffuse radiation changes depending on the climate (and especially the cloud cover) and the latitude, and typically represent ~15% of the total radiation. AM1.5D solar spectrum is commonly used as a reference spectrum for the characterization of concentrator solar cells (because of the fundamental inability of these cells to concentrate diffuse light).

The other atmospheric variables that significantly affect the solar spectrum characteristics are AOD and PW. AOD characterizes the radiative strength of aerosols (urban haze, smoke particles, desert dust, sea salt ...) in the vertical direction while PW is the amount of condensed water corresponding to the total water vapor contained in a vertical atmospheric column above any location. Water vapor has strong absorption bands in the near infrared, which directly impacts the spectrum.

1.3 Principles of photovoltaic energy conversion

Solar cells should be designed to ensure maximum absorption of photons coming from the sun, and to promote electrons to high-energy states where they are able to move. The material should have at least two energetically separated bands to guarantee an efficient extraction of the charges carried from the PV cell. The bandgap (E_g) of PV cell corresponds to the energy gap separating the maximum energy level in the low-energy band [referred as "valence band" (VB)], from the minimum energy level in the high-energy band [known as "conduction band" (CB)], where the electrons should be promoted. The typical time during which the electron is maintained in a high-energy state should be high enough to guarantee an efficient extraction of the excited carriers [a constraint that may be fulfilled if the bandgap is higher than the thermal energy k_BT (where k_B is the Boltzmann's constant and T the temperature)].

Only photons with energy higher than E_g are able to pump electrons from the VB to the CB. The charge separation mechanism, which is required to extract charge carriers from the PV cells, involves the use of a "membrane" to separate the different charge carriers. This is commonly achieved with an electric field originating from the potential difference between contacts.

Semiconductor materials have historically been seen as a very attractive option toward efficiently converting sunlight into electricity using the PV effect. Emerging technologies using organic or/and inorganic substances such as Perovskite or polymer solar cells are currently instigating a great amount of research work, but these technologies will not be addressed in this chapter, since the underlying physical mechanisms are sensibly different (the reader should refer to the following chapters for deeper insights into these technologies).

1.4 Semiconductors

Materials can be classified into three main categories, depending on their typical electronic properties: Semiconductors and insulators both show an energy gap between their valence and CBs, whereas metals show an overlap between energy levels in the VB and the CB (and, as a consequence, no energy gap). The development of efficient PV cells requires both an efficient absorption of solar photons, and the establishment of two distinct charge carrier populations, which can only be achieved with semiconductor materials.

In this section, some basic concepts related to semiconductor physics will be introduced. Electrons, holes, and electronic bands will first be explained. The principles of semiconductor doping will then be detailed, before concluding this section, by a description of generation and recombination of electron–holes pairs in semiconductors.

1.4.1 Bands, electrons, and holes

In an atom, electrons move in orbitals around the nucleus and can only have certain energy values, called *energy levels*. In a solid material consisting of an immensely high number of atoms, the original orbitals are combined to form orbitals with a large number of energy levels. Because of the huge number of atoms involved, these levels are very close one from another so that they form *energy bands*. The bonds between atoms and their electronic properties determine the bands' energy distribution, as well as the crystalline structure. For instance, silicon atoms share four electrons of the outermost shell (valence shell) with the neighboring atoms, creating stable and strong covalent bonds that result in a diamond lattice type crystalline structure.

The atoms' chemical properties are determined to a great extent by the number of electrons in the valence shell. In a similar manner, the last occupied bands define the electronic properties of crystals. The occupied band with the highest energy, which contains the valence electrons, is called the Valence Band (VB), whereas the unoccupied band with the lowest energy is called the Conduction Band (CB). The energy between both bands is the previously mentioned bandgap energy (E_g).

In metals, electrons move without difficulty from one energy level to another, since the valence and the conduction bands overlap in energy ($E_g = 0$), giving rise to a high electrical conductivity. In semiconductors, the valence and conduction bands are separated ($0.5 < E_g < 3$ eV), and the VB is filled with bonded electrons that do not have sufficient energy to overcome the energy gap and freely move in the crystalline network. At a temperature higher than 0K, a fraction of these electrons has sufficiently high thermal energy to be expelled to the CB (this fraction being a function of both the temperature and the energy gap of the semiconductor material). Insulators have very high bandgaps, which practically avoid electrons from the VB to be ejected to the CB because of the high energy required to overcome the bandgap. As a consequence, the absence of free electrons in the CB precludes efficient electrical transport, and these materials are characterized by a low conductivity. Fig. 1.2 shows a scheme of insulators, semiconductors, and conductors.

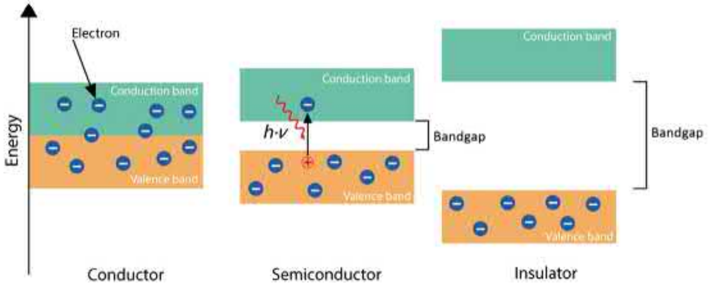


Figure 1.2 Scheme of conductor, semiconductor, and insulator bandgaps.

Electrons with energy high enough to overcome the electronic gap of the material, because of their thermal energy or after absorption of a solar photon, may break free from the atoms and become a free electron in the CB. The remaining broken bond in the VB is associated with a vacancy referred as a "hole." Semiconductor theory predicts that holes behave as if they were positive charges. In the presence of holes (or vacancies), other valence electrons in the VB can move into these vacancies, thus leading to an apparent movement of "holes" in the opposite direction. Because the concentration of electrons in the VB largely outnumbers the concentration of the remaining vacancies associated with electrons ejected in the CB, it is practically more convenient to describe this mechanism as a "holes" movement.

Semiconductors characterized by identical concentrations of free electrons and holes are called "intrinsic." The concentration of free carriers (often referred to as "intrinsic carrier concentration"), is correlated to both the electronic gap of the semiconductor and the temperature, and translates the ability of charge carriers to move from one band to another under the sole effect of temperature. Therefore, the higher the temperature, the higher number of electrons in the CB and the higher the conductivity (unlike conductor materials that show decreasing conductivity with increasing temperature).

1.4.2 Doping, n and p types

As previously explained, the conductivity of semiconductors increases as the temperature rises and the bandgap decreases. For example, the electrical conductivity of Gallium Arsenide (GaAs), which has a bandgap of 1.42 eV, is two orders of magnitude lower than the conductivity of Silicon (1.11 eV).

A mean to control the conductivity of semiconductors, known as *doping*, consists of introducing impurity atoms in the crystalline network, characterized by different electronic structure (and, in particular, a different number of valence electrons). One can distinguish two different kinds of impurity atoms:

- Donor: They possess one extra valence electron that is shared with the lattice, as a free electron. In a silicon structure, consisting of four valence electrons, phosphorous atoms are typical *donor* impurities. These atoms, which comprise five valence electrons, share four of them with their neighboring Si atoms under the form of covalent bonds, the remaining one being free to move in the crystalline network. The phosphorous atoms become ionized (positively charged) and both the electron density and the electrical conductivity are increased, relative to intrinsic silicon.
- Acceptor: Unlike *donors*, *acceptor* atoms comprise fewer valence electrons than the bulk atoms, and their introduction in the network gives rise to the generation of extra *holes*: The impurity atoms become negatively ionized by taking a valence electron from another bond and then releasing a *hole* to the band, thus leading to increased *hole* concentration as well as higher conductivity. Boron atoms are typical acceptor atoms in silicon lattices.

Doping is thus the process by which both the conductivity and the concentration of one kind of charge carriers (either electrons or holes) are increased, through the introduction of impurity atoms showing different electronic properties than the bulk atoms. Doping allows increasing the conductivity without any external energy input (light, heat ...), and

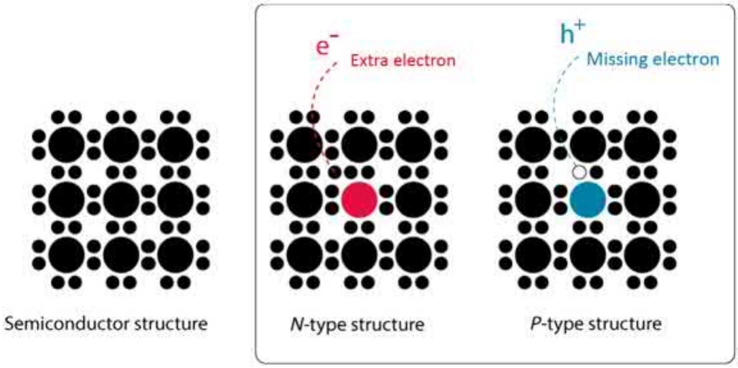


Figure 1.3 Structures of an intrinsic, *n-type* and *p-type* semiconductors.

semiconductors with electronic properties controlled using this means are known as *extrinsic* semiconductors.

The type of doping is governed by the nature of the impurity atoms introduced in the network: if the *donor* impurity concentration exceeds the intrinsic carrier concentration, the doping is *n-type*. Conversely, if the *acceptor* impurity concentration exceeds the intrinsic carrier concentration, the semiconductor becomes *p-type*. Fig. 1.3 schematically illustrates intrinsic and extrinsic semiconductors.

1.4.3 Generation and recombination of electron–holes pairs

The process by which electrons are excited from the VB to the CB, creating an electron–hole pair, is called *generation*. The inverse process is called *recombination* and involves the relaxation of free electrons from the CB to a vacancy (hole) in the VB, thus leading to the annihilation of an electron–hole pair. Under thermal equilibrium, *Generation* and *Recombination* occurs at the same rate within the cell to maintain the populations of electrons and holes.

If the *generation* process requires an input energy provided by photons, phonons (vibrational energy of the lattice), or kinetic energy of other particles, *recombination* is a relaxation process in which energy is released through the same mechanisms.

1.4.3.1 Absorption

Photogeneration is the process leading to the creation of an e–h pair in the cell after photon absorption. Only photons with energies higher than the bandgap may give rise to the generation of e–h pairs. Photons with energy lower than the bandgap cannot participate to the photogeneration process. In addition, photons with energy exceeding the bandgap are only partially used: the difference between the incident photon energy and the electronic gap of the cell is wasted as heat. The process by which excited electrons quickly release their excess energy until they reach the edge of the CB is known as *thermalization* (see Fig. 1.4). This cooling process is very fast (typically occurring at a picosecond timescale) and fundamentally explains, together with the transparency of PV cells to low-energy photons, the wide discrepancy between the high efficiency with which it is theoretically possible to convert sunlight into electricity (~90%) and the best PV efficiency experimentally achievable (which does not exceed 29% for single-junction solar cells). Photogeneration is characterized by the *absorption coefficient* (α) that quantifies the semiconductor absorption as

Visit https://ebookmass.com today to explore

a vast collection of ebooks across various genres, available in popular formats like PDF, EPUB, and MOBI, fully compatible with all devices. Enjoy a seamless reading experience and effortlessly download high-quality materials in just a few simple steps. Plus, don't miss out on exciting offers that let you access a wealth of knowledge at the best prices!

Exploring the Variety of Random Documents with Different Content

Ilta oli pimeä, mutta sähkökaarilamppu jossain läheisyydessä valaisi seuruetta heikosti.

"Jos tarvitsemme autoa myöhemmin", sanoi mr Anderson, "on parasta, että annamme sen seistä täällä. Asbjörn Krag oli samaa mieltä ja kuljettaja sai määräyksen odottaa."

Samalla hetkellä kun seuran piti astua yli jalkakäytävän, ilmestyi varjosta ihminen ja kiiruhti heidän ohitseen.

Se oli mieshenkilö, leveäharteinen, tanakka ja alle keskimitan. Lyhdynvalossa pani Asbjörn Krag merkille, että miehellä oli hyvin terävät kasvojenpiirteet ja tavattoman ruskea iho. Hänessä oli jotakin merimiesmäistä, oli sangen lyhyt takki ja käveli kädet taskuissa.

Mutta Krag pani merkille myös jotain muuta: Mies joka sivuutti heidät, katseli kaikkia kolmea herraa huomattavalla mielenkiinnolla ja myöskin Krag joutui hänen terävien silmiensä tarkkailun alaiseksi.

"Tunnetteko tuon miehen?" kysyi Krag.

"Ei", vastasi mr Anderson, "mutta minä luulin, että hän tunsi teidät.
Hän katseli meitä sangen tarkkaan."

Miehen askeleet häipyivät pimeyteen.

Käytävässä avasi mr Anderson hissin oven. Hissi oli tavallinen, avara, automatinen, hyvin valaistu ja nappula joka kerrosta kohti.

Mr Anderson painoi nappulaa n:o 4 ja hissi nousi hitaasti ylös.

"Asutte neljännessä kerroksessa", sanoi Asbjörn Krag, "ja varas hävisi akkunan läpi. Se on perin omituista."

"Odottakaapahan vain", sanoi mr Anderson, "niin minä näytän teille, miten punatukkainen mies häviää akkunan läpi neljännessä kerroksessa."

III.

KREIVINNA ORLOFFIN SELITYS.

Asbjörn Krag oli erittäin utelias tekemään venakon tuttavuutta. Kun hän oli keskustellut viisi minuuttia kummankin amerikalaisen kanssa, oli hän vakuutettu, että hänellä oli pari lurjusta edessään. Mutta ennen kuin hän oli nähnytkään kreivinna Orloffia, oli hän vakuutettu, että hän petti liiketovereitaan, jalosukuisia herroja Anderson ja Inderdale ja että hän otaksuttavasti oli yhteistoiminnassa itse varkaan, tuon salaperäisen punatukkaisen kanssa.

Mitenkä oli etsivä tullut tuohon vakaumukseen?

Ensikseenkin, koska hän oli tullut selvyyteen siitä, että punatukkainen oli ollut madame Orloffin matkaseurana. Krag oli itsekseen tullut siihen käsitykseen, amerikalaisten kertoman perusteella, tapaamisesta Lilleströmmenissä.

Molemmat amerikalaiset olivat yllättäneet kreivinnan. Hän ei ollut odottanut tapaavansa heitä ennen kuin junan saavuttua Kristianiaan. Sen vuoksi täytyi hänen kiireesti järjestää niin, etteivät amerikalaiset

saisi huomata hänen olevan yhtä seuraa punatukkaisen kanssa. Hän pani ajattelematta toimeen pienen komedian hävyttömästä tirkistyksestä ja tunkeilevasta vieraasta. Ei ole ihmettelemistä, että punatukkainen ensi hetkellä tuli vähän hämilleen. Vaan ettei hänen tarvitsisi olla epätietoisena kreivinnan käyttäytymisen syistä, sanoi tämä ääneen ja selvästi: "Herra Anderson ja herra Inderdale, olkaa ystävällisiä ja auttakaa minua tuota herraa vastaan." Tämän kautta tiesi punatukkainen ketä herrat olivat ja vetääntyi takaisin.

Kun Asbjörn Krag astui sisään amerikalaisten huoneustoon oli hän siinä varmassa käsityksessä, että nämä johtopäätökset olivat oikeita. Huoneusto näytti kuten moni muukin "parempi" samanlainen; koko joukko pieniä kapistuksia hyllyillä, sohvia tyynyineen, valokuvia kehyksissä mahonkipöydällä ja huonoa taidetta seinillä. Saattoi ajatella, että huoneusto kuului jollekin pankkitirehtöörin leskelle, joka oli tullut pakotetuksi järjestämään elämänsä yksinkertaisemmin ja vähemmän suurenmoisesti ja siksi vuokrannut koko "perhevarusteet."

Kreivinna ei näyttäytynyt heti. Lamput paloivat edelleenkin huoneustossa ja Asbjörn Krag oli tilaisuudessa pääsemään selville huoneuston asemasta.

Herrat ohjasivat etsivän ensin ruokasaliin. Täällä näkyi vielä jälkiä keskeytyneestä juhla-ateriasta. Jääjäähdyttäjässä nikkelialustalla oli kaksi samppanjapulloa, joista toinen oli avattu, toinen aukasematta. Uskonnollisen neuvoston jäsen Wisconsinista sanoi: "No, ja, hm, hm", koettaen peittää pulloja lautasliinalla.

Hetkisen katseli Krag tyhjiä osterinkuoria joita oli pinottu lautasille, ja jääreunusteista pientä kulhoa jossa oli venäläistä kaviaaria ja sanoi:

"Yksinpä lähetysystävätkin Amerikassa osaavat syödä."

Mr Inderdale nykäsi pahastuneena päätään.

"Olemme tilanneet illallisen kolmelle, eräästä hotellista", sanoi hän "ja me emme tosiaankaan voi sille mitään, että tavat tässä köyhässä maassa ovat totuttaneet hotellin lähettämään kaiken tuon hienouden. Minä — henkilökohtaisesti…"

"Erehdytte täydellisesti", väisti Krag, "tahdoin ainoastaan lausua ihastukseni. Yksinpä norjalais-amerikalainenkin olisi saattanut hävetä jos olisi tarjonnut ylhäiselle ja kauniille naiselle yksinkertaisempaa ruokaa."

"Niin, tietysti, ja, luonnollisesti se on vain sitä kun etsivä tarkoittaa", pisti mr Anderson tyynnyttäen väliin ja mr Inderdale pöyhistihe vähäsen imarreltuna ja tyytyväisenä.

"Täällä siis seura istui", sanoi Krag, "kun varas tuli eteisen ovesta."

"Minä pidän selviönä", sanoi mr Anderson, "että punatukkaisen lurjuksen on täytynyt tulla eteisenovesta, meidän istuessamme ja aterioidessamme."

"Kenties oli seura niin iloinen, ettei sen vuoksi kuultu eteisenoven käyvän?"

"Kuinka voitte luullakaan!" huudahtivat molemmat yhdestä suusta.

"Tai kenties", jatkoi Krag, ottaessaan pöydältä muutaman lyijykynälaskelman, "tai kenties oli seura niin kiintynyt arviolaskelmiinsa, ja se oli syynä."

Mr Andersonin onnistui viime hetkellä nykäistä paperin Asbjörn Kragin kädestä. Mutta etsivän oli kuitenkin onnistunut panna merkille erinäisiä lukuja, jotka olivat paperille kirjoitetut. Ne olivat korkeita määriä — laskelmia dollareista, ruplista ja kruunuista.

"Saatan ymmärtää", sanoi Krag, "että juhlaa ja illallista ei pidetty yksinomaan juhlan vuoksi, vaan että oli jokin muu tarkoitus. Herrat halusivat lopultakin päästä sopimukseen madamen kanssa esim. maksusta, mitä hänellä oli myytävänä. Sopimus saatiin aikaan ja madame *meni noutamaan mitä hänellä oli myytävänä*."

Molemmat amerikalaiset säpsähtivät.

"Erehdytte", sanoi mr Anderson. "Te panette kokoon yksityiskohtia, joilla ei ole pienintäkään tekemistä asian kanssa. Ja asia on se, että kreivinna Orloffin kaulakoriste on varastettu. Se, eikä mitään muuta. Olkaa ystävällinen ja pysykää siinä."

"Sehän on juuri mitä minä teen", vastasi Krag, antamatta toisen äkäsyyden itseään lainkaan häiritä, "haluan nimittäin saada todennetuksi minkä syyn takia madame läksi pöydästä."

"Hän aikoi tuoda kirjeen käsilaukustaan. Mutta tuossahan kreivinna onkin. Hän saattaa itse kertoa koko asian teille."

Verhot liukuivat syrjään ja kreivinna Orloff astui sisään. Hän meni suoraan Asbjörn Kragin luo, ojensi hänelle kätensä ja sanoi ranskaksi:

"Eikö totta, te olette poliisimies, jonka piti tuleman. Voitteko hankkia takaisin koristeeni?"

"Varmasti", vastasi Krag, katsellen tarkasti venakkoa, "kun vain saan tietää kolme asiaa."

"Mainitkaa ne, herrani!"

"Missä varkaus tapahtui, minkänäköinen varas oli ja mistä akkunasta hän hävisi?"

Asbjörn Krag lausui nämä sanat hitaasti ja painolla, kuten olisi halunnut panna niihin jotain erityistä merkitystä, mutta itse asiassa saadakseen itselleen aikaa muodostaa käsityksensä venakosta.

Hän ajatteli:

Hän on kaunis. Hän on 30 vuotias. Hän on viisas. Hänellä on kylmät ja laskevat silmät. Hän esiintyy kuin mailmannainen. Hän ei anna noiden kahden rötkäleen Villistä Lännestä käyttää itseään hyväkseen. Kun hän pakoittautuu olemaan heidän seurassaan, tapahtuu se varmasti sentähden, että hänellä on siitä jotakin etua. Hänellä on jokin tärkeä syy oleskelunsa Kristianiassa, muuten hän ei menettäisi aikaansa täällä.

"Seuratkaa mukana", sanoi kreivinna, "niin näytän teille kaikki!"

Hän meni edellä toiseen salonkiin ja herrat seurasivat perässä.

Mr Anderson kiiruhti huomauttamaan:

"Etsivä tahtoo välttämättömästi tietää, miksi jätitte aterian ja menitte tähän huoneeseen. Niin kuin sillä olisi jotakin merkitystä kaulakoristeen varkauteen, että tulitte täältä hakemaan paria kirjettä."

Madame heitti nopean silmäyksen mr. Anderssoniin ja sanoi:

"Niin, minun piti hakea kirjeet."

Krag ymmärsi komedian vaan ei ollut ymmärtävinään. Hän oli kuitenkin enemmän kuin ennen vakuutettu, että kaulakoriste ei ollut pääasia tässä jutussa.

Kreivinna selitti:

"Seistessäni ja hakiessani esiin kirjeitä hyökkäsi rosvo kimppuuni. Otaksuttavasti oli hän seissyt noiden paksujen verhojen takana. Minä huusin apua, ja kun varas kuuli, että huoneustossa oli enemmän väkeä, repäsi hän itselleen kaulakoristeeni ja syöksyi ikkunalle. Ennen kuin ystäväni ehtivät pidättää hänet, oli hän hävinnyt."

Krag meni akkunan luo ja katsoi ulos.

Hän ymmärsi heti, miten pako oli tapahtunut. Akkunan ulkopuolella, joka oli ahdasta pihaa kohti, oli pieni rautaparveke ja alapuolella 3:nen kerroksen kohdalla oli samanlainen, samaten toisen kerroksen ja siitä maahan ei ollut korkeata hyppäystä. Paossa ei ollut mitään vaikeuksia.

Krag tarkasti akkunalaudan hyvin huolellisesti ja näki selviä jälkiä valkeassa maalissa. Hän meni takaisin huoneen läpi, sysäsi verhot syrjään ja tarkasti lattian.

Siitä ei ollut epäilystäkään, etteikö varas olisi ollut sisällä. Mutta Kragilla oli hyvä halu sanoa kreivinnalle:

"Rakas kreivinna, tehän olette itse laskenut hänet sisään."

IV.

VASTAKKAISIA HALUJA.

Tähän asti oli koko tutkimus huvittanut Asbjörn Kragia kuten jokin leikki. Hän oli nimittäin aivan selvillä siitä, että hänet oli onnistuttu saamaan mukaan täydelliseen narripeliin. Ei ainoastaan siinä merkityksessä, että asianomaiset pettivät häntä, vaan vielä enemmän siksi, että he keskenään pettivät toisiaan. Kragilla oli tosiaankin hyvä halu sanoa: "Hyvät herrat, kunnioitettava kreivinna, minä en voi olla tekemisissä asian kanssa, missä minua yritetään pitää narrina." Mutta hän oli yht'äkkiä saanut personaallista mielenkiintoa, saadakseen tietää, mitä kätkeytyi noiden salaperäisten henkilöiden esiintymiseen. Siksi päätti hän jatkaa peliä.

"Sallitteko", kysyi Krag, kääntyen kreivinnaan ja oikeastaan vain muodon vuoksi ottaen esiin muistikirjan ja kynän, "sallitteko, että merkitsen muistiin, minkänäköinen tuo julkea rosvo oli?"

"Luonnollisesti", sanoi madame ja hänen kasvonsa saivat miettivän ilmeen, "koetan kertoa niin tarkkaan kuin suinkin."

Vaitiolo. Krag hymyili.

"Onko niin vaikeata", sanoi Krag, "selvittää miehen ulkonäkö?"

Venakko vilkaisi häneen nopeasti:

"Mitä tarkoitatte? Ettekö halua saada mahdollisimman tarkat tuntomerkit?"

"Kiitos, kyllä."

Krag näytti erinomaisen vakavalta. Itsekseen mietti hän: "Nyt hän jo on keksinyt yhden:" Ja aivan oikein — venakko alkoi:

"Pitkä ja hoikka, tumma sekä hyvin hieno. Sileäksi ajellut kasvot. Kaiketikin kolmen- ja neljänkymmenen vuoden välillä. Puhui norjaa, oli norjalainen."

"Kuinka sen tiedätte?" kysyi Krag, "puhutteliko hän teitä?"

"Kyllä, hän kuiskasi muutamia uhkaavia sanoja minulle, käskien minun olla hiljaa, muuten hän tappaa. Hänellä oli revolveri kädessä. Sen jälkeen repäsi hän koristeen kaulastani…"

"Madame siis ymmärtää myöskin norjankieltä?" kysyi Krag.

"Jonkun verran", sanoi kreivinna hymyillen, "kuulustelkaa vain minua, niin saatte huomata. Mieheni käänsi useita norjalaisia teoksia venäjäksi."

"Olette siis leski?"

"Olen", vastasi hän, synkän varjon liidellessä yli kasvojen, "mieheni kaatui Itä-Preussissa vuosi takaperin. Hän otti osaa Tannenberg'in taisteluun."

Krag ymmärsi heti, kiitos kehittyneen vaistonsa, että kreivinna nyt puhui totta. Äänessä oli jotain vakavaa ja surullista.

"Kreivi ja kirjainkääntäjä?" mutisi Krag kysyvästi

Kreivinna kävi äkkiä jälleen vilkkaaksi. Hänellä oli oma, melkein ärsyttävä tapansa katsoa Kragiin.

"Älkää missään tapauksessa menettäkö käsitystänne venäläisen arvonimen takia", vastasi kreivinna. "Voin kertoa teille, että Kaukasiassa miehellä ei tarvitse olla kuin viisi eläintä ja huono laidunmaa, niin kutsuu hän itseään heti ruhtinaaksi. Mutta me kuulumme tosiaankin erääseen sivuhaaraan, kuuluisasta venäläisestä Orloff-suvusta. Vaan miehelläni ei ollut kyllin varoja pitää yllä suvun loistoa. Hän oli reserviupseeri ja eli hyvin pienillä koroilla. Sen sijaan, että olisi tehnyt velkoja, katsoi hän edullisemmaksi tehdä työtä. Hänellä oli suuria kirjallisia taipumuksia. Mutta miksi kysytte kaikkea tätä?"

"Siksi", vastasi Krag, "että mieltäni aina kiinnittävät asiakkaitteni personaalliset olosuhteet."

"Jatkammeko jälleen tuntomerkkejä", kysyi kreivinna "minä luulin, että poliisilla aina on kiire."

"Olette tosiaankin oikeassa", vastasi Krag tarttuessaan silminnähtävällä mielenkiinnolla jälleen muistikirjaansa, "siis, hänellä oli punainen tukka, eikö totta?" Kesti tosiaankin silmänräpäyksen, ennen kuin kreivinna huomasi vastaansanoa. Ja tämän pienen hetken oli Kragin katse suurimmalla tarkkuudella kiinnitetty häneen. Tyytyväinen, melkeinpä hyväntahtoinen hymy leikki hänen suupielissään. Äkkiä säpsähti kreivinna ja hän ei voinut estää hienon

punan kohoamasta kasvoilleen. Mutta hän hilIitti itsensä pian. Kaksi herroista eivät lainkaan olleet huomanneet hänen liikutustaan.

"En ymmärrä, mihin pyritte", sanoi hän, "minähän nimenomaan huomautin teille, että mies oli pitkä ja tumma."

Krag näytteli hämilläänolevaa aivan mainiosti.

"Pyydän hyvin paljon anteeksi", sanoi hän, "se oli tosiaankin anteeksiantamaton hajamielisyys puoleltani. Ajattelin kokonaan toista henkilöä. Ajattelin sitä punatukkaista rautatievaunussa."

"Kuka on teille kertonut hänestä?"

"Nämä molemmat herrat. Mutta muuten aivan sattumalta."

"Se oli vain turhanpäiväisyys", sanoi kreivinna Orloff, "mies tirkisteli minua hävyttömästi koko ajan. Jos en olisi matkan johdosta ollut niin väsynyt, en kai olisi siihen kiinnittänyt mitään huomiota."

"Ymmärrän", sanoi Krag, "se oli joku, joka halusi seikkailua saavuttuaan Kristianiaan. Yksinäinen nainen joka matkustaa, saattaa helposti joutua tuontapaisten julkeitten veijarien yrityksille alttiiksi, eikö totta, hyvät herrat?"

Mr Anderson myönsi heti, mutta herra Inderdale vetääntyi päättävästi taaksepäin.

"Minulla ei ole kokemuksia sellaisten ihmisten joukossa", sanoi kreivinna, "enkä halua saadakaan."

Samassa nosti Krag kätensä ylös. Hän kuunteli.

"Minusta tuntuu varmasti kuin kuulisin jotakin ulkoa, eteisen ovelta", sanoi hän, "hiipiviä askeleita…"

Molemmat herrat säikähtyivät silmiinpistävästi. Mr Anderson hyökkäsi heti ulos ja hänen kintereillään mr Inderdale. Krag jäi näin ollen hetkiseksi kahdenkesken venakon kanssa ja se oli hänellä tarkoituksenakin.

Hän kumartui kreivinnaa kohti ja sanoi kuiskaten, mutta päättävästi:

"Minun täytyy ehdottomasti saada puhua kanssanne huomenna, ilman näiden herrojen läsnäoloa. Tulen tänne täsmälleen kello kaksi. Oletteko silloin täällä?"

Hetkisen mietittyään kysyi kreivinna:

"Oletteko ystäväni?"

"Olen", vastasi Krag, "olen teidän ystävänne enemmän kuin näiden herrojen. Se on siis sovittu?"

"Emmekö mieluummin voisi tavata jossain hotellissa tai kahvilassa?"

"Ei, mieluimmin täällä, sillä minulla on jotain vakavaa kanssanne puhuttavana."

"Silloin se riippuu siitä jos saan molemmat herrat täältä pois siksi."

Amerikalaiset tulivat sisälle jälleen.

"Ei siellä mitään ollut", sanoi mr Anderson.

Krag ei osottautunut olevan vähääkään hämillään tai hämmästynyt.

"On joka tapauksessa parasta olla varovainen, koska näyttää siltä, että teitä seurataan. Nyt olen kuitenkin saanut täysin tyydyttävät tuntomerkit ryöstäjästä. Häntä ei, toivon, ole vaikeata löytää. Se on varmaankin joku niistä epäilyttävistä olioista, joita poliisin silmälläpidon alaisina on koko joukko tällaisena aikana. Kenties jo huomenna voin antaa herroille selityksen. Mutta minun on vähäsen vaikeata järjestää aikaani, minulla on muitakin asioita järjestettävänä. Sopiiko herroille, että tapaamme huomenna kymmenen minuuttia yli kahden toisemme Continentalissa?"

Molemmat amerikalaiset katsoivat kysyvästi toisiinsa. Sen jälkeen nyökkäsivät he. Kyllä, se sopii mainiosti.

Krag jätti seurueen, kehoitettuaan heitä jatkamaan keskeytynyttä illallistaan.

Tultuaan kadulle, missä auto edelleenkin odotti, pani hän jälleen merkille merimiespukuisen herran.

Auto odotti aivan katulyhdyn alla ja vieras asettui aivan lähelle lyhdynvaloa, voidakseen paremmin nähdä Asbjörn Kragin kasvot.

"Etsittekö minua?" kysyi Krag.

Puhuteltu puristi päätään.

"Etsittekö minua?" kysyi Krag jälleen, tällä kertaa saksaksi.

"En", vastasi toinen.

"Mitä sitte tirkistelette?"

"Se ei kuulu teille."

Krag etsi jotakin taskuistaan.

"Etsittekö mahdollisesti", kysyi hän, "mr Andersonia tai mr Inderdalea, tai kenties kreivinna Orloffia?"

"Se ei kuulu teille", sanoi toinen jälleen.

Krag näytti poliisimerkkinsä.

"Eikö?" kysyi hän.

"Se ei sittenkään kuulu teille", sanoi mies yhä enemmän luotaantyöntävänä.

"Hyvästi", sanoi Krag.

"Hyvästi, herrani."

Krag astui autoon ja ajaessaan alaspäin ajatteli hän: "Tuo on neljäs joka yrittää vetää minua nenästä tänään. Huomenna on minun vuoroni."

V.

KELLO KAHDEN JA KOLMEN VÄLILLÄ.

Vähää vailla kello kahta nähtiin Krag väentungoksessa Karl Johanilla. Seurassaan oli hänellä yksi etsivän-osaston nuorempia virkamiehiä. Krag puhui ja toinen kuunteli tarkkaavaisena, nyökäten silloin tällöin, ikäänkuin merkiksi, että oli ymmärtänyt.

"Uudistan siis", sanoi Krag, "että tarkoituksella olen järjestänyt tapaamisen noiden molempien herrojen kanssa, estääkseni heidät olemasta jossain muussa paikassa. Niin ollen täytyy teidän saada heidät pysymään ainakin tunnin ajan Continentalin yksityishuoneessa. On samantekevää mitä syitä keksitte. Sanokaa, että minä tulen ja että heidän välttämättömästi täytyy odottaa. Ei se niin vaikeaksi teille käy, rakas ystävä, keksiä jokin asia pitääksenne keskustelua yllä odotuksen aikana. Puhukaa sodasta."

"Mutta herrojen luonteet", kysyi etsivä, "antakaa jonkinlainen viittaus niistä."

"Molemmat ovat täydellisiä lurjuksia", sanoi Krag, "muita yksityiskohtaisempia tietoja heidän luonteestaan en osaa antaa. Eikä

se ole välttämätöntäkään. Toinen on pahempi kuin toinen. Hän, joka todennäköisesti on suurempi lurjus on nimeltään Inderdale, on uskonnollinen ja johtaja eräässä norjalais-amerikalaisessa vapaa-uskolaisseurakunnassa, nimeltään 'Enkeliensiivet' tai jotakin siihen suuntaan. Kokonaisuuteen nähden ällöttävä mies. Hänen kanssaan voitte puhua mailman pahuudesta ja kevytmielisyydestä ja toisen kanssa hauskoista varietétytöistä ja sen semmoisista. He ovat hyvät ystävät, eroamattomat, kaatakaa niihin wiskyä."

Molemmat etsivät olivat nyt saapuneet Yliopistokadun kulmaan, kun Asbjörn Krag pienellä liikkeellä huomautti, että jokin erikoinen oli herättänyt hänen mielenkiintoaan. Toinen vilkasi hänen katseensa suuntaan.

"Näettekö tuon miehen tuolla, sinisessä puvussa ja lyhyellä takilla?" kysyi Krag.

"Näen; hän joka seisoo ja katselee kirjakaupan ikkunassa."

"Aivan oikein. Kello on vielä muutamaa minuuttia vajaa kahdesta ja pelkään, että minun täytyy antaa teille vielä yksi tehtävä. Mitä ajattelette tuosta miehestä?"

Etsivä katseli tutkien miestä.

"En voi nähdä hänen kasvojaan", sanoi hän, "mutta puvusta päättäen on hän merimies — meriupseeri tai kauppalaivuri. Hän seisoo ja katselee ulkolaisia kirjoja; kenties on hän ulkomaalainen."

"On, hän on ulkomaalainen", sanoi Krag, "haluaisin kernaasti saada tietää hänen hommistaan. Koettakaa ottaa selvää missä hän asuu. Mutta tämän asian takia ette saa jättää molempia

amerikalaisia. Luulisin, että tapaatte jonkun tovereistanne tähän aikaan Karl Johanilla. Pyytäkää hänen seuraamaan merimiestä."

"Eversen tuli äsken juuri vastaan", sanoi etsivä, "hän sivuuttaa meidät kyllä pian jälleen, sillä hän kävelee täällä aina edestakaisin kävelyaikana, pyydän hänen seuraamaan tuntematonta."

"Tehkää niin; minä tulen hotelliin kolmen ajoissa. Ilmoittakaa ovenvartialle."

Etsivät erosivat. Krag otti auton ja ajoi Drammensvejen 230 tapaamaan venakkoa. Hänen toverinsa järjesti tyydyttävästi uuden tehtävänsä koskeva tuntematonta ja tasan kymmenen minuuttia yli kahden astui hän sisään Continentalin yksityishuoneeseen, missä molemmat norjalais-amerikalaiset jo istuivat ja odottivat. He olivat toivoneet saavansa nähdä Kragin ja hämmästyivät kun toinen astui sisään. Etsivä sanoi nimensä, Holmsen, ja selitti, että täytyi odottaa Asbjörn Kragia.

Alussa näyttivät molemmat amerikalaiset happamilta, mutta Holmsenin ystävällisyys sai heidät pian paremmalle tuulelle. Pöydälle tuli kylmää totia joka äkkiä juotiin, vaikkakin mr Inderdale, tosin ilman suurempaa pontta, kiinnitti huomiota siihen, että hän ei kärsinyt väkijuomien nauttimista missään muodossa, jos niin tehtiin piti sen tapahtua "omassa seurassa." Ja sitä jatkettiin "omassa seurassa."

Oltiinhan yksityisessä huoneessa.

Koska Holmsenilla ei ollut aavistustakaan mistä syystä molemmat herrat olivat hakeneet Asbjörn Kragia, ei hän saattanut ruveta puhumaan varastetusta kaulakoristeesta. Tämän ymmärsivät herrat

heti, eivätkä hekään puhuneet mitään. Sen sijaan jouduttiin puhumaan sellaisista aineista, kuin lisäytyvästä jumalattomuudesta, joka jumalattomuus teki välttämättömiksi sellaiset yritykset kuin "Enkeliensiivet." Edelleen kertoi Holmsen viimeisistä tapahtumista "yhdistyneitten savupiipunpuhdistajien yhdistyksen" naamiohuveista, joihin iloihin poliisin yöllä oli pakko sekaantua. Nämä paljastukset antoivat mr Inderdalelle jälleen tilaisuuden puhua hirveästä jumalattomuudesta, minkä jälkeen hän pyysi tietoa milloin hän, ei aivan kaukaisessa tulevaisuudessa, olisi tilaisuudessa olemaan läsnä tuollaisessa juhlassa, voidakseen antaa lehdelleen "Enkelinsiivet", Wisconsinissa, silminnäkijän kuvauksen synninlammikoista vanhassa maassa. Tällaisissa sivistyneissä ja rakentavissa keskusteluissa kului aika, kello tuli lähemmä puolta neljää ja molemmat amerikalaiset herrat alkoivat käydä kärsimättömiksi. Silloin tuli muuan palvelija ilmoittamaan, että Holmsenia haluttiin puhelimeen.

Holmsen meni puhelinhuoneeseen eteisessä.

Soittaja oli Krag ja hänen äänensä ei ollut enää niinkään leikkisä.

"Tahdotteko sanoa molemmille herroille", sanoi hän, "että minä en voi tulla."

"Mitä minä niille sitte teen?" kysyi Holmsen.

"Sanokaa, että minä erään sangen tärkeän asian takia, joka vaatii henkilökohtaista läsnäoloani, olen estetty muutamaan tuntiin tulemasta. Voimme sopia uudesta tapaamisesta esimerkiksi kello kuusi. Antaa niiden tulla konttoriini."

"Tarkoitatteko todellakin, että minun pitäisi vetää niitä ympäri koko ajan. Nuo loistokappaleet teeskentelevistä norjalais-amerikalaisista

inhoittavat minua."

"Saatte tehdä miten haluatte", sanoi Krag, "joko annatte niiden mennä tai olette yhdessä, mutta missään tapauksessa ette saa laskea niitä silmistänne. Vastaatte siitä, että millä hetkellä tahansa voin saada ne käsiini."

"Mutta jos herrat haluavat lähteä kaupungista?" kysyi Holmsen.

"Sitä ei saa sallia millään ehdolla", vastasi Krag.

Ja hiljaa lisäsi hän:

"Oletteko asestettu, Holmsen?"

"Olen", vastasi toinen.

"Silloin ymmärrätte kyllä?"

"Kyllä ymmärrän. Pidän tarkkaa vaaria."

Holmsen, joka Kragin äänestä ymmärsi, että jotakin vakavaa oli tekeillä, kysyi edelleen:

"Mitä esteitä olette saanut?"

"Jotakin hyvin ikävää", vastasi Krag. "*On tapahtunut murha*."

"Milloin?" kysyi Holmsen.

"Kello kahden ja kolmen välillä."

"Tulin tänne hotelliin täsmälleen kymmenen minuuttia yli kaksi ja silloin istuivat amerikalaiset täällä."

"Ja molemmat ovat koko ajan olleet siellä?"

"Ovat, yhdessä minun kanssani."

"Hyvä, jos seuraatte heitä, niin pankaa tarkkaan mieleenne, mitä he
puhuvat ja mitä tekevät, mutta älkää puhuko tapahtumasta mitään.
Molemmat herrat asuvat kalustetussa huoneustossa Drammensvejen 230,
Olisi hyvä jos voisitte estää heidän menemästä sinne."

"Miksikä?"

"Siksi, että murha on tapahtunut siellä", vastasi Krag.

"Hyvä, teen parhaani."

Holmsen meni jälleen norjalais-amerikalaisten luo ja selitti heille syyn Kragin poissaoloon, mikä suuressa määrin tuntui harmittavan herroja.

Mr Inderdale nousi suuttuneena ylös ja napitti takkinsa.

"Minä en ymmärrä tuollaisia omituisia lykkäyksiä ja väittelyitä", sanoi hän, "luulin, ettei se olisi ollut lainkaan vaikeata täällä Kristianiassa saada kiinni varaslurjus."

"Kysymys on siis varkaudesta?" kysyi Holmsen. "Herroilta on varastettu."

"Ei meiltä", vastasi mr Anderson, "mutta eräältä rouvalta, hyvin hienolta rouvalta."

"Hyvin siveä rouva", mutisi mr Inderdale, siveellisesti päätään pudistaen, "kallisarvoinen koriste on varastettu häneltä."

"Ja Krag on saanut kaikki mahdolliset tiedot?"

"Kaikki!"

"Silloin minä ymmärrän kaikki", sanoi Holmsen, "herrat eivät vain tunne Asbjörn Krag'in menettelytapoja. Kun hän tällä tavoin sopii tapaamisesta tunti tunnin jälkeen merkitsee se vain, että hän on jäljillä. Hän haluaa nähdä teidät, hyvät herrat, kello kuusi konttorissaan. Se ei tahdo sanoa mitään muuta kuin että Asbjörn Krag siihen mennessä on saanut tutkimuksensa valmiiksi ja aikoo esittää teidät varkaalle ja jättää koristeen takaisin tuolle ylhäiselle ja siveälle rouvalle."

Molemmat amerikalaiset katsoivat ällistyneinä toisiinsa.

"Koristeen, hm", mutisi Inderdale ajatuksissaan.

"Niin", sanoi Holmsen, joka varsin hyvin huomasi amerikalaisen salaperäisen hämmennyksen, "koristeen, joka on varastettu."

Mr Inderdale palasi todellisuuteen, "luonnollisesti", huudahti hän "luonnollisesti. Uskotteko tosiaankin niin?"

"Olen vakuutettu siitä, hyvät herrat", vastasi Holmsen. "Herrat saattavat tyyneesti odottaa. Sitä paitsi on nyt päivällisen aika. Jos vain mahtuu yhteen tai toiseen ruokasaliin, gulassit kuin ottavat kaiken tilan, niin täällä Kristianiassa saa koko hyvää ruokaa. Mihinkään parempaan emme ennen kuutta voi ryhtyä."

"Minä tarjoon", sanoi mr Anderson käsiään hieroen, "Europassa syödään ja juodaan hyvin."

Mr Inderdale nosti varottaen kätensä.

"Pöytä jossain syrjässä", sanoi hän, "kunnioittakaa minun moraalista vakaumustani."

Herrat lähtivät.

… Sillä aikaa, kun tämä keskustelu tapahtui Continentalissa, oli Asbjörn Krag saanut kokea suuren hämmästyksen.

Kun hän kello kaksi saapui kalustettuun huoneustoon Drammensvejen 230, tapasi hän venakon yksin kotona, kuten oli odottanutkin. Hän otti Kragin vastaan kuten kaikki venäläiset ottavat vieraansa vastaan, välttämättömillä paperosseilla.

"Älkäämme hukatko aikaa", sanoi Krag heti, "olkaa avomielinen minulle.
Miksikä olette pettänyt molempia amerikalaisia?"

"Jos minä nyt kieltäydyn olemasta avomielinen?" kysyi venakko.

"Silloin ei mitään muuta", sanoi Krag nauraen, "kuin että minä yritän vakavasti löytää varkaan."

VI.

HISSI.

Venakko ei edes yrittänytkään peittää hermostuneisuuttaan ja suuttumustaan.

"Sen jälkeen kuin eilen minut jätitte", sanoi hän, "olen kovasti miettinyt teidän omituista käyttäytymistänne. Olen kiintynyt siihen mitä sanoitte, että lupasitte olla ystäväni. Pysyttekö siinä?"

"Täydellisesti", sanoi Asbjörn Krag, "minut ovat kylläkin palkanneet nuo kaksi amerikalaista herraa, mutta kun olen tullut vakuutetuksi, että kaikki kolme koetatte valehdella minulle, olen valinnut olla ystävä eniten miellyttävän kanssa. Ja olen valinnut teidät. Mutta teen sen vain ja ainoastaan siksi, että tahdon saada selvän valheesta ja totuuden esille."

Venakko kuunteli tarkkaavaisena jokaista sanaa kuin Asbjörn Krag lausui ja kun hän oli huomaavinaan eräänlaisen sydämellisyyden etsivän äänessä, tyyntyi hän jonkun verran.

"Annan teille tiedon, joka kenties ei teitä niinkään paljoa hämmästytä", sanoi hän, "Mitään kaulakoristetta ei ole varastettu."

"Olette oikeassa, rouvani", vastasi Krag, "tämä tieto ei hämmästytä minua lainkaan. Saatte luvan myöntää vielä erään asian, ennenkuin pääsemme kunnollisen keskustelun alkuun."

"Ja se on?" kysyi hän uteliaana.

"Ei löydy myöskään mitään varasta", vastasi Krag.

Venakko käänsi katseensa pois, kuten olisi hävennyt sitä komediaa, jota oli näytellyt.

"Olette oikeassa", vastasi hän, "myönnän sen kernaasti, sillä te ymmärrätte sen joka tapauksessa. Ei ole mitään varasta. Kaikki on minun keksintöäni; se on kenties ollut huono juoni, mutta minulla oli määrätty tarkoitus sillä ja minun täytyi toimia nopeasti."

"Antakaa minun kuulla tarkoitus", pyysi Krag.

"Silloin täytyy minun antaa teidän tietää", sanoi hän, "asioiden todellinen laita ei mitenkään voi kiinnittää poliisin mieltä. Kysymyksessä ei ole mikään rikollinen juttu."

"Onko se mahdollisesti rakkausjuttu?" kysyi Krag hymyillen.

"Ei; ei sekään. Mutta poliisilla ei ole oikeutta sekaantua siihen."

"Unohdatte", sanoi Krag, "että on tehty ilmoitus. Ulkomaalaiset, jotka näyttelevät sellaisia komedioja, saattavat helposti saada kanteen väärästä ilmoituksesta."

"Minä en ole ilmoittanut asiata", sanoi madame, "ne ovat herrat Anderson ja Inderdale."

"Mutta nuo herrat ovat menetelleet hyvässä uskossa niin, eikä voida siis rangaista."

"He eivät lainkaan ole toimineet hyvässä uskossa", huudahti hän melkein sydämistyneenä. "Nuo herrat tietävät yhtä hyvin kuin minäkin, että mitään koristetta ei ole varastettu."

Kragin täytyi nauraa.

"Se oli hämmästyttävä tieto", sanoi hän. "Se tuli tosiaankin yllätyksenä. Minä luulin, että se olitte te, rouvani, joka syystä tai toisesta yrititte pettää noita kahta, nyt huomaan teidät kaikki samalla tasolla. Sepä oli hämmästyttävää. Ja nyt minun täytyy myöntää, että minä en näe selityksen vilahdustakaan siihen, miksi on pyydetty minun apuani."

"Kaikesta huolimatta olen se minä, joka olen koettanut pettää toisia", vastasi hän, "ja mikäli saatan ymmärtää, olen siinä myöskin onnistunut. Kerron teille kaikki siksi, että minä en halua poliisin sekaantuvan asiaan ja siksi, että tiedän poliisin vapaaehtoisesti vetääntyvän takaisin, saadessaan tietää asioiden kulusta. Molemmat herrat, Anderson ja Inderdale, ovat pari päivää sitte saapuneet tänne Englannin kautta Amerikasta ja minä olen tullut Venäjältä. Olimme sopineet keskenämme, että tapaamme täällä kuten on tapa ollut ennenkin. Nuo molemmat herrat ovat vuokranneet tämän huoneuston eräitä määrättyjä salaisia kokouksia varten."

"Niin pitkälle, olen minäkin ajatellut, oli kaikki totta", sanoi Krag "mutta valheet alkavat varmasti Lilleströmmenistä."

"Aivan oikein", vastasi venakko, "nuo herrat saivat sen omituisen mielenjuohtuman, että matkustaa minua vastaan Lilleströmmeniin.

Se tuli odottamatta."

"Nyt olemme tulleet siihen pitkään, punatukkaiseen mieheen rautatievaunussa", sanoi Krag.

"Niin", vastasi venakko, "hänen nimensä on Müller. Hän ei ole maamiehiäni, mutta tunnen hänet. Minulla on liikeasioita hänen kanssaan. Olimme matkustaneet yhdessä hänen kanssaan Tukholmasta ja kun juna pysähtyi Lilleströmmenillä, meni hän ostamaan hedelmiä. Sillä aikaa nousivat amerikkalaiset junaan. Tiedätte itse, herra etsivä, mitenkä minä amerikkalaisilta salasin, että minulla oli mitään tekemistä Müllerin kanssa."

"Tiedän", vastasi Krag, "sen teitte tosi-naisellisella tavalla, olitte olevinanne kiusaantunut punatukkaisen herran tirkistelystä ja pyysitte amerikalaisten suojelusta. Se oli hyvin tehty ja nopeasti ajateltu. Mutta ystävänne oli selvästi myöskin sukkela käänteissään, sillä hän käsitti asian heti. Saisinko nyt tietää mikä asema herra Müllerillä on tässä omituisessa jutussa?"

"Sehän selviää siitä, mitä olen teille puhunut", sanoi venakko. "Minun ei kai tarvinne lähemmin selittää niitä salaperäisyyksiä, jotka verhoutuvat maailmansodan kulissien taakse. Ostetaan ja myydään loppumattomiin ja se ei ole ainoastaan ruokatavarat ja ampumatarpeet, jotka ovat kauppatavarana."

"Urkintaa", mutisi Krag, "se oli sitä kuin ajattelinkin."

"Miksi käytätte niin hirveätä sanaa", huudahti venakko kiivaasti "sitäkin löytyy eri lajeja, kuten kaikkea muutakin. Monta ihmistä, joita viitataan ja sanotaan urkkijoiksi, tekevät velvollisuutensa yhtä hyvin kuin nekin, jotka ovat taksoitusluetteloissa."

"Mutta te olette venäläinen, rouvaseni", väitti Krag.

"Minä en ole venäläinen sukujani", vastasi hän päätään pudistaen, "olen ollut naimisissa venäläisen upseerin kanssa, hän on kaatunut, meillä ei ollut lapsia, minulla ei ole mitään sukulaisia Venäjällä, minä olen yksin ja…"

"Niin", sanoi Krag, "jatkakaa."

"Minä toin tullessani", jatkoi hän hetken miettimisen perästä, "eräitä kirjallisia tietoja, jotka minun oli onnistunut salaa tuoda ja jotka olivat suuresta arvosta."

"Ja jotka herrat Anderson ja Inderdale olisivat vastaanottaneet ja myyneet, esim. Saksaan, ja joista teidän piti saada suuremman summan."

"Joka jo osittain on vastaankin otettu, niin, se on aivan oikein", lisäsi hän, "niin ovat asiani tällä hetkellä."

"Mutta sitte tulitte yhteyteen herra Müllerin kanssa ja sovitte, että *hän* saisi paperit, siksi, että hän tarjosi enemmän kuin nuo kaksi amerikalaista."

"Niin, tai muista syistä", sanoi hän.

"Pelastaaksenne arvonne noiden kahden amerikalaisen silmissä, sovitte keskenänne, että hän varastaisi paperit teiltä."

Venakko nyökkäsi.

"Nyt ymmärrätte kaiken", sanoi hän. "Se oli Müller, joka tunkeutui huoneustoon eilen illalla, sillä aikaa, kun minä samppanjalasin

ääressä tein amerikalaisten kanssa kaupan. Olimme juuri tulleet sopimukseen ja minä olin tyyneesti mennyt sisimpään huoneeseen noutamaan 'kauppatavaraa', papereita nimittäin; Müller, joka sillä aikaa oli hiipinyt eteisen läpi huoneeseen 'yllätti' minut; hän repäsi paperit käsistäni ja niin pian kun näin, että hän oli ehtinyt akkunalaudalle, aloin huutaa apua. Molemmat amerikalaiset hyökkäsivät esiin. Mutta Müller oli tutkinut kaikki edeltäpäin ja tiesi, että hän helposti saattoi päästä alas pitkin rautaparvekkeita. Niin kaikki tapahtuikin. Amerikalaiset joutuivat raivoihinsa. Jos herrat eivät olisi olleet Amerikasta, jossa tuollaista sattuu useinkin, olen varma, että he olisivat alkaneet epäillä minua. Sitä he eivät kuitenkaan tehneet. Sen sijaan päättivät he saada varkaan kiinni ja kääntyivät teidän puoleenne, herra etsivä. Mutta he eivät tahtoneet sanoa mitä oli varastettu, siksi mainittiin vain kaulakoristeesta, jonka minä annoin Müllerin käteen ja jonka tämä oli pannut parvekkeelle. He kai luulivat, että jos he teidän avullanne pääsevät varkaan jäljille, ei ole mikään vaikeus saada häneltä papereita pois. Nyt olen kertonut teille kaiken ja teidän kai täytynee myöntää, että poliisi tuskin voi tähän sekaantua. Mitä aiotte nyt tehdä?"

Krag katsoi kelloaan.

"Kymmenen minuutin kuluttua", sanoi hän, "tapaan minä molemmat amerikalaiset eräässä hotellissa, alhaalla kaupungissa."

Venakko nousi ylös.

"Menen takaisin hotelliini", sanoi hän, "jos teillä ei ole mitään sitä vastaan, seuraan teidän mukananne alas kaupunkiin. Olen väsynyt ja haluan vähän levätä ennenkuin…"

"Ennenkuin?" kysyi Krag.

Welcome to our website – the perfect destination for book lovers and knowledge seekers. We believe that every book holds a new world, offering opportunities for learning, discovery, and personal growth. That’s why we are dedicated to bringing you a diverse collection of books, ranging from classic literature and specialized publications to self-development guides and children's books.

More than just a book-buying platform, we strive to be a bridge connecting you with timeless cultural and intellectual values. With an elegant, user-friendly interface and a smart search system, you can quickly find the books that best suit your interests. Additionally, our special promotions and home delivery services help you save time and fully enjoy the joy of reading.

Join us on a journey of knowledge exploration, passion nurturing, and personal growth every day!

ebookmasss.com